

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 24520111153357

UDC _____

廈門大學

_____硕士_____学 位 论 文

高强度噪声对凹耳蛙听觉的影响

Effect of intensive noise on auditory response
of concave-eared frogs

刘晶

指导教师姓名: 戚 智 教授

沈钧贤 研究员

专 业 名 称: 生理学

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2014 年 05 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

声音在传播过程中受到声源、传播介质、环境噪声以及声音接收体敏感度等因素的影响。噪声是声音的一种，对目标声音的传播效率有一定的损害。动物生活在高噪声环境中，噪音的振幅、频率会与声音信号重叠，从而影响动物声信号的传播效率，影响动物的多种行为。随着社会的城市化，环境噪声对于动物声通讯及行为的影响得到了越来越多的重视。

对很多动物（如哺乳类、鸟类等）的研究表明，高强度噪声对于动物通讯有损害作用。两栖类动物叫声种类单一、听觉系统与脊椎类动物较为相似，已成为研究声通讯的重要模式动物。蛙类主要靠鸣叫声通讯，声传播效率下降会影响蛙类个体间识别、配偶关系、领域防卫等。相比于哺乳类和鸟类而言，蛙类个体小，栖息地环境局限，并且通常栖息在山涧溪流、雨林等地，自然环境中包含高密度草植、溪水、岩石等障碍物，所以蛙类的声通讯更易受到噪声的影响。

动物产生了多种策略去适应栖息地的环境噪声。Lombard 效应被公认为是最普遍的一种适应方式：即通过改变叫声频率和振幅来增大信噪比，降低噪音对声信号的干扰。比如鸟类通过增大叫声振幅、调节鸣唱时间、改变鸣唱韵律等方法来应对环境噪声的干扰。相似的现象普遍存在于哺乳类、两栖类等动物的通讯中。

近年来，科学家们发现在中国安徽省黄山桃花溪周边栖息着一种鼓膜明显凹陷的蛙——凹耳蛙(*Odorrana tormota*)。野外声音回放实验和电生理实验证明凹耳蛙具有发出并检测高频声信号 (≥ 20 kHz) 的能力，且能听到频率高达 35 kHz 的信号 (87 dB SPL)，说明凹耳蛙可以进行高频甚至超声通讯。凹耳蛙的繁殖时期在每年 4 月到 6 月间，此时黄山桃花溪区域的雨水较多，环境噪声甚至能达到 90 dB SPL 以上。噪声对凹耳蛙的声通讯是否有损害作用？对高频声信号的影响与对低频声信号的影响是否有区别？

针对以上问题，我们研究了不同强度的背景噪声（35、65、85 dB SPL）对凹耳蛙声通讯的影响。研究内容包括两部分：第一部分为野外叫声回放实验。我们在中等强度（65 dB SPL）和高强度（85 dB SPL）噪声下，运用事先记录的雌

凹耳蛙叫声引发雄凹耳蛙的应答声，来研究噪声对雄凹耳蛙应答声特征的影响。第二部分在隔音室内，以雄凹耳蛙为研究对象，给予 1 kHz 到 23 kHz 的纯音刺激，细胞外记录中脑半圆体（torus semicircularis, TS）区神经元的听觉诱发近场电位（auditory evoked near-field potentials, AENFPs）和单单位神经元放电反应（single unit spike），来研究凹耳蛙在低强度（35 dB SPL）、中强度（65 dB SPL）和高强度（85 dB SPL）噪声下，不同频率纯音刺激的听觉反应特征，揭示其不同噪声下的听觉频率敏感性。

第一部分实验结果来自21只野外雄蛙，在中等强度和高等强度噪声下（65、85 dB SPL），我们发现13只雄蛙的叫声为恒频CF（constant frequency）型，8只雄蛙的回叫声为调频FM（frequency modulation）型，并且同一只雄蛙应答声在两种噪声下的频谱分布一致。结果显示，在高噪声环境下，雄蛙应答声的时程普遍延长、强度增强、基频升高、间隔时间延长。

第二部分实验是隔音室内的电生理研究结果。在低、中、高三种强度的噪声下（35、65、85 dB SPL），雄凹耳蛙的 AENFPs 在7 kHz-8 kHz 频段中幅度最大、潜伏期最短、阈值最低。在低强度（35 dB SPL）和中强度（65 dB SPL）噪音环境下，50%的敏感频率在3 kHz to 12 kHz 之间，在高强度噪声（85 dB SPL）中，50%的敏感频率在5 kHz to 12 kHz 之间。在低强度（35 dB SPL）和中等强度（65 dB SPL）噪音环境下，雄凹耳蛙 AENFPs 的幅度、潜伏期和阈值基本相似。在高噪声中，与低噪声相比的统计学结果显示潜伏期普遍延长（1-16 kHz），峰峰值降低（1-18 kHz），阈值上升（1-13 kHz）。高噪声与中等噪声的比较也显示相似的结果。虽然高强度噪声对大多数纯音信号有干扰作用，但相比之下，高强度噪声对高频声信号的影响没有对低频信号的影响显著。单单位神经元的结果显示：雄凹耳蛙的最佳兴奋频率 BEF（best excitatory frequency）是7 kHz、17 kHz 和20 kHz。神经元放电数在三种不同噪声下的结果与 AENFPs 结果相似。

结论：1）低强度（35 dB SPL）和中强度（65 dB SPL）噪音环境下，雄凹耳蛙的听觉反应特征相似，65 dB SPL 的噪声对凹耳蛙的听觉反应无明显影响。2）高噪声环境（85 dB SPL）对凹耳蛙的回叫声和听觉反应特征有普遍的限制作用，并影响雄蛙应答声特征。3）高噪声对高频信号的影响不如对低频信号的显著，由此证明高频声信号有利于凹耳蛙在高噪声环境中的通讯。综上所述，凹耳

摘 要

蛙的回叫反应和听觉反应在一定程度上受到高噪音的限制,而高频组分有利于其在高噪声环境中的声通讯。

关键词: 听觉诱发近场电位 噪声 高频通讯 凹耳蛙

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

The efficiency of acoustic communication in animals depends on the sound power, the environmental noise and sensitivity of receivers. Noise is a kind of sound that could damage to sense of hearing. For the animals living in the areas with high level ambient noise, their call signals could be overlapped with the frequency, amplitude and temporal characters of the noise, making the spreading efficiency of the animals acoustic signals decreased. Researches in fish, birds, monkey and cats have implied that high-level noise generally impaired acoustic communication in animals.

Anuran amphibians, such as frogs and toads, are thought to be intermediate between fishes and amniote vertebrates. Sounds of anurans are typically simplex and the auditory systems are similar to those of amniote vertebrates. Hence, anurans serve as an attractive model for researching the animal acoustic communication. Anurans mainly rely on their calls for communication. The lower level spread efficiency of their acoustic signal caused by environmental noise will impact individual recognition, mate selection, territorial defense, population density, community structure, etc. Comparing to other species, anurans share a relatively limited habitat that always contains complex obstacles *e.g.* fast flowing stream, rain forest and grass. The acoustic communication of frogs burden more risk of noise interference.

Since acoustic communication can be considerably impaired by environmental noise, it has been suggested that animals have evolved adaptations to counteract the masking effect of noise, such as Lombard effect in animal. Birds overcome the masking of noise by amplitude modulation, changing the duration, altering the rhythm and increasing the frequency of their song. The same results were also found in mammals and anurans.

Odorrana tormota, a frog living in torrent streams in Mt. Huangshan of China has been proved to be able to detect and respond to high-frequency signals up to ultrasound. Field playback experiment and recordings from TS indicated that this frog

evolved high-frequency acoustic communication (≥ 20 kHz) in signal exchanges with upper limit of 35 kHz (87 dB SPL). In breeding season, which is between April and June, the ambient noise could be up to >90 dB SPL due to the rainy weather. It is largely unknown how noise affects the sound communication of *O.tormota*?

In our research, we exposed males of *O.tormota* in three levels of noise (35, 65, 85 dB SPL), to study how noise affect the acoustic communication of this frog. Our study includes two parts: in the first part, we carried out field playback experiment to display how different levels of noise (65 and 85 dB SPL) affected the antiphonal response to female calls of males. In the second part, we recorded the TS response from midbrain to study the auditory evoked near-field potentials (AENFPs) and single unit spikes in three noise levels (35, 65 and 85 dB SPL).

From the results of field play back experiment on 21 male frogs, 13 males responded to female calls with sound type of CF (consistent frequency) and 8 males with type of FM (frequency modulation) in both mid-level (65 dB SPL) and high-level (85 dB SPL) noise. The measurements revealed that for the same male, it antiphonally responded to the female call with longer duration, higher frequency, greater intensity and longer interval when exposed to high-level noise.

From TS recordings, in three noises, the maximum amplitude, minimum latency and thresholds of AENFPs were found at 7 kHz-8 kHz. We found neither significant differences in latency or in thresholds, or amplitudes (except at 12 kHz and 19 kHz). The frequency width at half value of the peak ranges from 3 kHz to 12 kHz for males in low- and mid-level noise (35 and 65 dB SPL), while from 5 kHz to 12 kHz in high-level noise (85 dB SPL). In high-levels noise, amplitude were decreased, latency prolonged and threshold raised compared to other two noises. Although the high-level noise constrained most frequency stimuli, it affected less for those with high frequencies. Results from single unit indicated the BEF were 7 kHz, 17 kHz and 20 kHz. The effects of three noise levels in single unit studies were similar to those in study of AENFPs. These results suggests that the high frequency sound signals facilitate the acoustic communication of *O.tormota* in noisy environment.

Key words: Auditory evoked near-field potential; Noise; Frog; High-frequency communication; *Odorrana tormota*

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

中文摘要.....	I
英文摘要.....	IV
第一章 相关文献综述	1
1.1 噪声的生物物理学特性	1
1.2 噪声对动物声通讯的影响	3
1.3 凹耳蛙的超声通讯	4
1.4 凹耳蛙超声通讯的机制	13
1.5 小结	15
第二章 研究目的、内容和意义	16
2.1 研究目的	16
2.2 研究内容	16
2.3 研究意义	16
第三章 材料与方法	18
3.1 实验材料	18
3.2 实验方法	19
3.3 数据处理与统计学分析	23
第四章 噪声对凹耳蛙声通讯的影响	24
4.1 雄凹耳蛙的野外回叫声特征.....	24
4.2 雄凹耳蛙的听觉近场诱发电位.....	32
4.2.1 雄凹耳蛙听觉诱发电位的幅度.....	33
4.2.2 雄凹耳蛙听觉诱发电位的潜伏期.....	37
4.2.3 雄凹耳蛙听觉诱发电位的阈值.....	43
4.3 凹耳蛙的各单位神经元放电反应	46
第五章 结果和讨论	52

目 录

5.1 结果与分析	52
5.2 展望	54
5.3 总结	55
参考文献	56
英文缩略词表	63
致谢	64

Catalogue

Abstract in Chinese.....	I
Abstract in English.....	IV
Chapter1 Article review.....	1
1.1 Physical properties of noise.....	1
1.2 Impact of noise on acoustic communication of in animals.....	3
1.3 Ultrasonic Communications of concave-eared frogs.....	4
1.4 Mechanism of high-frequency acoustic communication.....	14
1.5 Summary	16
Chapter 2 Objective, content and value of the study.....	17
2.1 Objective.....	17
2.2 Content.....	17
2.3 Value.....	17
Chapter 3 Materials and Methods.....	19
3.1 Materials.....	19
3.2 Experimental Methods.....	20
3.3 Statistical analysis.....	24
Chapter4 Effects of intensive noise on auditory response of the	
<i>O.tormota</i>.....	25
4.1 The antiphonal response of the males in field playback experiment	25
4.2 The auditory evoked near-field potentials of the males	33
4.2.1 The amplitudes of AENFPs.....	33
4.2.2 The latencies of AENFPs.....	37
4.2.3 The thresholds of AENFPs.....	43
4.3 The characteristics of the single unit of the males.....	47

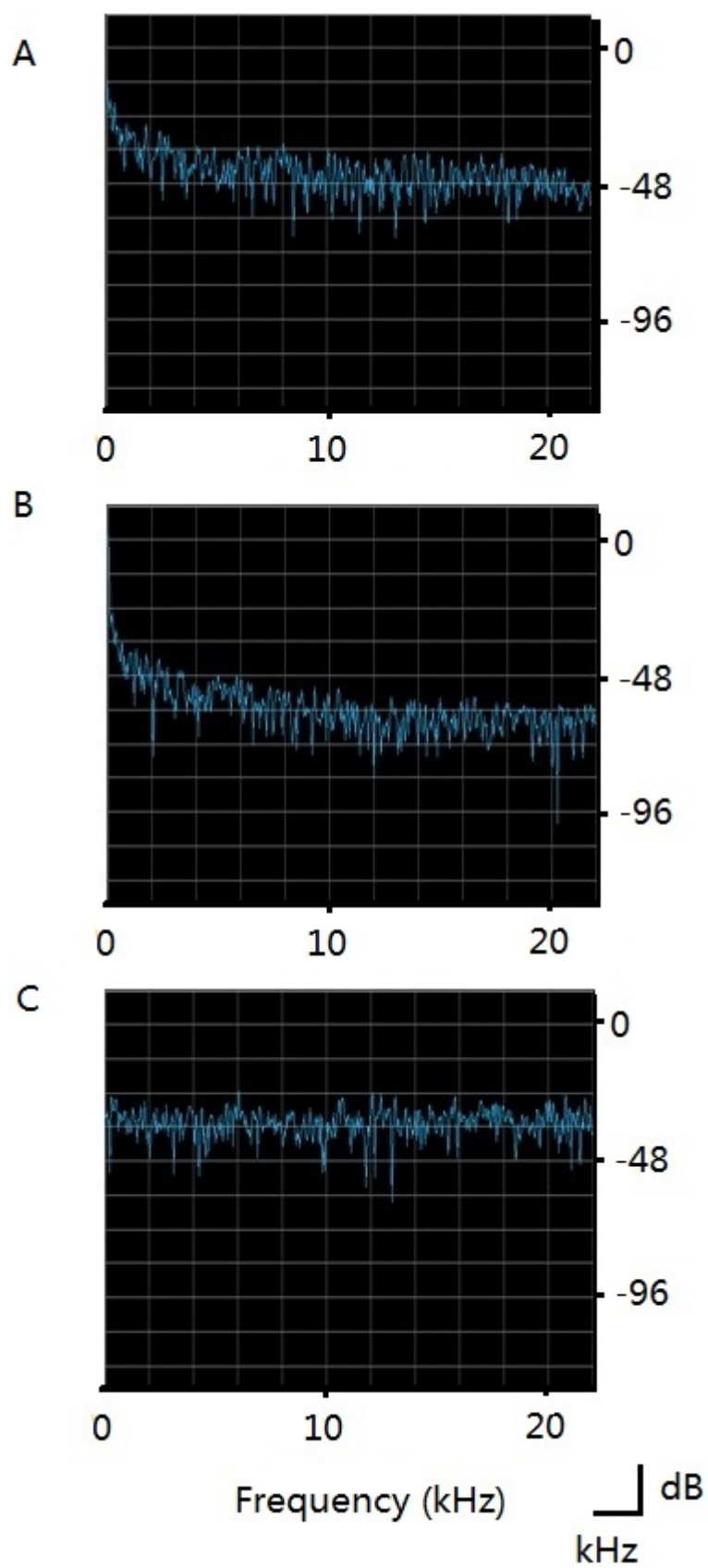
Chapter 5 Results and Discussion.....	52
5.1 Results and analysis.....	52
5.2 Prospect	55
5.3 Summary.....	55
Bibliography.....	56
Abbreviation.....	63
Acknowledgment.....	64

第一章 相关文献综述

1.1 噪声的生物物理学特性

声音由振动引起，以波的形式在一定的介质（如固体、液体、气体）中传播。通常，所听到声音的大小由振幅来决定，幅度越大声音越响，幅度越小声音越弱。而声音的音调高低取决于声波的频率，频率越高听起来越尖锐，频率越低听起来越低沉。一般情况下，频率为20~20000Hz的声音，人耳可听；频率低于20Hz的声音，称为次声波；频率高于20000Hz的声音，称为超声波。次声波和超声波都是人耳听不见的声音。在自然界中，除了带有特定信息的目的声音以外，噪声也广泛存在。噪声有很多的解释：在物理学上，噪声是发声体做无规则振动时发出的声音。生理学上来说，凡是妨碍生物体正常休息、学习和工作的声音，以及对目标声音产生干扰的其他声音。较为公认的定义是守田荣和张云鹏于1990年提出的：噪音是指对声音的传播有衰减作用、对听觉和健康有损害的声音(守田荣和张云鹏，1990)。

用专业声音分析软件 Audition 生成的噪声主要分为粉红噪声 Pink Noise 、白噪声 White Noise 和褐色噪声 Brown Noise 等。其中：Pink Noise 粉红噪音是自然界最常见的噪音。粉红噪音的频率主要分布在中低频段。从波形角度看，粉红噪音是分形的，在一定的范围内音频数据具有相同或类似的能量（刘昱等，2009）。White Noise 是指功率谱密度在整个频域内均匀分布的噪声，所有频率具有相同能量密度。Brown Noise 的频率分量功率主要集中在低频段。自然界中的噪声一般为有色噪声，由多种频率构成。而最多见的是粉红噪声，能量多集中在低频段。由软件 Audition 3.0 自动生成的噪声如图 1。由图可知，White Noise 与 Brown Noise 和 Pink Noise 主要的不同在于能量在各个频率是平均分布的。



图一 不同种类噪声的频率分布图

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库